

10/031526

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 14 AUG 2000

WIPO PCT

25/1

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

DE 00/02061

**Aktenzeichen:**

199 33 969.4

**Anmeldetag:**

20. Juli 1999

E J W

**Anmelder/Inhaber:**

ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:**

Bidirektionales Halbleiterbauelement

**IPC:**

H 01 L, F 02 P

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 25. Juli 2000

**Deutsches Patent- und Markenamt**

**Der Präsident**

Im Auftrag

Wolfgang

5 ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

### Bidirektionales Halbleiterbauelement

10 Die Erfindung betrifft ein bidirektionales Halbleiterbauelement, mit zwei lateral in einem Substrat integrierten, antiseriell geschalteten, symmetrischen MOS-Transistorstrukturen, deren Drainanschlüsse miteinander verbunden sind.

15

Stand der Technik

Bidirektionale Halbleiterbauelemente der gattungsgemäßen Art sind bekannt. In IEEE; 2/97; S. Xu u.a.;

20 "Bidirectional light on SOI substrate with high frequency and high temperature capability" sind die gattungsgemäßen Halbleiterbauelemente beschrieben. Durch den dort beschriebenen vollkommen symmetrischen Aufbau in Verbindung mit der antiseriellen Verschaltung der MOS-Transistoren ist das bekannte

25 bidirektionale Halbleiterbauelement geeignet, als Matrixumschalter in Telekommunikationsanlagen oder dergleichen eingesetzt zu werden. Unsymmetrische Anwendungen, wie diese beispielsweise in Ansteuer-

30 schaltungen von Zündanlagen in Kraftfahrzeugen gegeben sind, lassen sich durch die bekannten bidirektionalen Halbleiterbauelemente nicht realisie-

ren, da sich die erforderliche Sperrfähigkeit von zirka 400 V zur Zeit nur unsymmetrisch darstellen läßt.

## 5 Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße bidirektionale Halbleiterbauelement bietet demgegenüber den Vorteil, daß auch unterschiedlich hohe Sperrspannungen realisiert werden können. Dadurch, daß einem pn-Übergang eines der MOS-Transistoren in einem Übergangsbereich zum Draingebiet eine Zone vorgelagert ist, die den gleichen Leitfähigkeitstyp wie das Draingebiet besitzt, deren Dotierung jedoch höher ist als die des Draingebietes, kann in einfacher Weise eine unsymmetrische Sperrfähigkeit bei gleichzeitiger Gewährleistung einer Niederohmigkeit im Einschaltfalle realisiert werden.

Durch die mit der erfindungsgemäßen Ausgestaltung des bidirektionalen Halbleiterbauelementes erzielbaren Vorteile eignet sich dieses bevorzugt zur Verwendung als Kurzschlußschalter zum Kurzschließen einer Primärwicklung einer Zündspule in einer Zündanlage eines Kraftfahrzeuges. Es ist bekannt, daß bei einer Ionenstromzündung die Primärwicklung der Zündspule nach Auslösen des Zündimpulses an einer Zündkerze durch die Sekundärwicklung der Zündspule kurzzuschließen ist, da hierdurch ein Erlöschen des Zündfunken definiert wird. Bei dieser erfindungsgemäß vorgesehenen Verwendung wird das als Kurzschlußschalter eingesetzte bidirektionale Halbleiterbauelement von unterschiedlich großen Sperrspannungen,

nämlich einerseits der Batteriespannung und andererseits der Klammerspannung einer zum Beispiel als Darlington geschalteten Transistorstufe, beaufschlagt. Entsprechend der bei dem erfindungsgemäßen bidirektionalen Halbleiterbauelement vorgesehenen Pufferung des pn-Übergangs des einen MOS-Transistors läßt sich eine unsymmetrische Sperrfähigkeit des Halbleiterbauelements erzielen, mittels dem die unterschiedlich hohen Sperrspannungen ausgeglichen werden können.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

Zeichnungen

Die Erfindung wird nachfolgend in einem Ausführungsbeispiel anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen bidirektionalen Halbleiterbauelementes;

Figur 2 eine Schaltungsanordnung einer Zündendstufe unter Verwendung des erfindungsgemäßen bidirektionalen Halbleiterbauelementes;

Figur 3 eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen bidirektionalen Halbleiterbauelementes und

Figuren schematische Prozeßschritte zur Herstellung  
4 und 5 des erfindungsgemäßen bidirektionalen Halbleiterbauelementes.

## 5 Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Figur 1 zeigt schematisch ein bidirektionales Halbleiterbauelement 10. Das bidirektionale Halbleiterbauelement 10 umfaßt ein Substrat 12 mit einer ersten Ladungsträgerdotierung (beispielsweise n-dotiert). In das Substrat 12 sind Ladungsträgergebiete 14 beziehungsweise 14' mit einer zur ersten Ladungsträgerdotierung entgegengesetzten Ladungsträgerdotierung (beispielsweise p-dotiert) integriert. Die Ladungsträgergebiete 14 und 14' sind symmetrisch ausgebildet. In die Ladungsträgergebiete 14 beziehungsweise 14' sind jeweils Ladungsträgergebiete 16 beziehungsweise 16' integriert, die die gleiche Ladungsträgerdotierung wie das Substrat 12 (beispielsweise n-dotiert) aufweisen. Die Ladungsträgergebiete 14 und 16 sind mit einer gemeinsamen Metallisierung (Elektrode) 18 und die Ladungsträgergebiete 14' und 16' mit einer gemeinsamen Metallisierung (Elektrode) 18' elektrisch leitend verbunden. Das Ladungsträgergebiet 14 ist ferner mit einer weiteren isolierten Elektrode (Poly-Si-Gate) 20 versehen, und das Ladungsträgergebiet 14' ist mit einer weiteren isolierten Elektrode (Poly-Si-Gate) 20' versehen.

30 Durch Anordnung der Ladungsträgergebiete 12, 14 und 16 beziehungsweise 12, 14' und 16' kommt es zur Aus-

bildung von pn-Übergängen 22 beziehungsweise 22' und 24 beziehungsweise 24'.

Das Substrat 12 des ersten Leitfähigkeitstypes ist schwachdotiert, während das Ladungsträgergebiet 16 beziehungsweise 16' des gleichen Leitfähigkeitstypes stark dotiert ist. Das Ladungsträgergebiet 14 beziehungsweise 14' des anderen Leitfähigkeitstypes ist mitteldotiert. Durch eine derartige, an sich bekannte Struktur des Halbleiterbauelementes 10 kommt es zur Ausbildung von zwei MOS-Transistoren 26 beziehungsweise 26', die antiseriell geschaltet sind.

Zusätzlich ist dem pn-Übergang 22 ein Ladungsträgergebiet 28 zugeordnet, das sich in das Substrat 12 hinein erstreckt. Das Ladungsträgergebiet 28 besitzt Ladungsträger des gleichen Leitfähigkeitstyps wie das Substrat 12, ist jedoch höher dotiert als dieses.

Eine erfindungsgemäße Verwendung des Halbleiterbauelementes 10 ist anhand der in Figur 2 gezeigten Schaltungsanordnung verdeutlicht, die eine Zündendstufe einer Zündanlage eines Kraftfahrzeuges zeigt. Hierbei ist eine Sekundärwicklung 32 einer Zündspule 30 mit einer Zündkerze 34 verbunden. Die Primärwicklung 36 der Zündspule 30 ist einerseits mit einer Versorgungsspannungsquelle verbunden, die im Anwen-

---

dungsfall von der Kraftfahrzeugbatterie gebildet ist. Andererseits ist die Primärwicklung 36 mit einem Schaltelement 38 verbunden, über das die Primärwicklung 36 mit der Versorgungsspannungsquelle verbindbar ist. Das Schaltelement 38 ist zum Beispiel als

Darlington-Transistorstufe ausgebildet. Parallel zur Primärwicklung 36 ist ein Kurzschlußschalter 40 angeordnet, der von dem erfindungsgemäßen bidirektionalen Halbleiterbauelement 10 gebildet ist. Die Metallisierung 18 ist hierbei mit dem Schaltelement 38 und die Metallisierung 18' mit der Versorgungsspannungsquelle verbunden.

Das Halbleiterbauelement 10 zeigt in Verbindung mit der in Figur 2 dargestellten Schaltungsanordnung folgende Funktion:

Mittels der Zündkerze 34 kann in bekannter Weise ein Kraftstoff-Luft-Gemisch in einem Zylinder einer Verbrennungskraftmaschine gezündet werden. Nach Erlöschen des Zündfunken ist das Gasgemisch im Zylinder noch ionisiert. Eine hier vorhandene Ionenkonzentration ermöglicht in bekannter Weise Rückschlüsse auf das Verbrennungs- und Klopfverhalten der Verbrennungskraftmaschine. Es ist bekannt, zur Bestimmung dieser Ionenkonzentration an die Elektroden der Zündkerze 34 eine Beschleunigungsspannung anzulegen, so daß ein hieraus resultierender Ionenstrom  $I$  ein Maß für die Ionenkonzentration bildet. Wesentlich für ein derartiges Verfahren zur Bestimmung der Ionenkonzentration ist, daß der Zündfunken nach Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches definiert gelöscht wird und unmittelbar anschließend die Messung des Ionenstroms  $I$  erfolgt.

30

Diese Voraussetzungen können durch ein niederohmiges Kurzschließen der Primärwicklung 36 durch das erfin-

dungsgemäße Halbleiterbauelement 10 (Schaltelement 40) erreicht werden. Der Kurzschluß der Primärwicklung 36 bewirkt einerseits ein definiertes Erlöschen des Zündfunken nach Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches und minimiert die transformierte Serienimpedanz in der Sekundärseite der Zündschaltung. Hierdurch wird das Frequenzverhalten des Meßkreises zum Messen des Ionenstromes I günstig beeinflusst.

- 10 Um das definierte Erlöschen des Zündfunken zu erreichen, bedarf es eines definierten Schaltzeitpunktes des Halbleiterbauelementes 10 (Kurzschließer 40). Der Kurzschließer 40 liegt einerseits an der Versorgungsspannung  $U_{Bat}$  und andererseits an der Klammerspannung  $U_{CE}$  des Schalttransistors 38. Die Versorgungsspannung beträgt zirka 14 V, während die Klammerspannung  $U_{CE}$  zirka 400 V beträgt. Für diesen Spannungsunterschied muß das Halbleiterbauelement 10 eine Sperrfähigkeit von zirka 400 V aufweisen. Dies wird durch die erfindungsgemäß vorgesehene Integration des Ladungsträgergebietes 28 in das Halbleiterbauelement 10 erreicht.

- 25 Werden weder Poly-Si-Gate (Elektrode) 20 noch Poly-Si-Gate (Elektrode) 20' angesteuert, ist das Halbleiterbauelement 10 für beide Polaritäten gesperrt. Dieser Betriebszustand liegt vor, wenn die Primär-

- 
- wicklung 36 durch Ansteuern des Schalttransistors 38 bestromt wird. Die Elektroden 18' und 20' liegen in diesem Betriebszustand auf Versorgungsspannungsniveau, und der pn-Übergang 22 ist sperrgepolt. Die Dotierung der Ladungsträgergebiete 12 und 28, die dem



pn-Übergang 22 vorgelagert sind, ist hierbei so gewählt, daß die notwendige Sperrspannung - bei anliegender Versorgungsspannung  $U_{Bat}$  - gegeben ist.

- 5 Schaltet der Zündtransistor 38 aus, geht dieser in die Klammerung, so daß in bekannter Weise der Zündfunke der Zündkerze 34 dann zündet. Die Klammer-  
spannung  $U_{CE}$  beträgt zirka 400 V, so daß die Elektroden 18 und 20 mit der Klammerspannung auf den  
10 Wert von zirka 400 V hochlaufen. Das Halbleiterbauelement 10 muß also in der Lage sein, diese Klammer-  
spannung zu sperren.

- Zum Löschen des Zündfunken der Zündkerze 34 wird das  
15 Halbleiterbauelement 10 (Kurzschließer 40) geschaltet, indem die Elektrode 20 angesteuert wird. Hier-  
durch wird das Halbleiterbauelement 10 zunächst als bidirektionales Schaltelement (IGBT) geschaltet. Die  
Spannung über dem Schalter (also zwischen den Elek-  
20 troden 18 und 18') reduziert sich hierdurch auf die statische Durchlaßspannung des Halbleiterbauelementes  
10, so daß mit einer Verzögerung auch die Elektrode 20 angesteuert werden kann. Hierdurch ändert sich der  
Betriebszustand des Halbleiterbauelementes 10 in den  
25 eines MOS-Transistors mit endlichem differentiellen Widerstand im Ursprung seiner Ausgangskennlinie.

- 
- Durch die Ansteuerung der Elektrode 20' (Gate für den  
MOS-Transistor 36') fließt ein Strom von der Elek-  
30 trode 18' über das Ladungsträgergebiet 16' in das Sub-  
strat 12 (Draingebiet), so daß das Ladungsträger-  
gebiet 14 als Emitter reagiert und Minoritäts-

ladungsträger in das Substrat 12 initiiert. Hierdurch wird dessen Leitfähigkeit erhöht. Hieraus resultiert eine Reduktion des Spannungsabfalles über dem Halbleiterbauelement 10, so daß nachfolgend ohne Probleme die Elektrode 20, als Gate des MOS-Transistors 26, angesteuert werden kann. Hierdurch wird die Emitterwirkung des Ladungsträgergebietes 14 unterdrückt, da ein Parallelstrompfad von dem Substrat 12 (Drain) über das Ladungsträgergebiet 14 zum Ladungsträgergebiet 16 aufgebaut wird. Dies führt zum Kippen des Betriebszustandes des Halbleiterbauelementes 10 von einem bidirektionalen Bauelement (IGBT) in den Betriebszustand eines MOS-Transistors mit ausreichender Leitfähigkeit.

Die Ansteuerung der Elektrode 20 kann entweder gleichzeitig mit Ansteuerung der Elektrode 20' unter Zwischenschaltung einer Kapazität erfolgen, oder die Ansteuerung der Elektrode 20 erfolgt direkt zeitversetzt zu der Ansteuerung der Elektrode 20'. In jedem Falle wird erreicht, daß eine Ansteuerung des Gate-Anschlusses des MOS-Transistors 26 hierdurch erfolgt, nachdem die Klammerspannung  $U_{CE}$  bereits reduziert ist. Alles in allem wird hiermit durch ein definiertes Ansteuern der Elektrode 20' und der Elektrode 20 ein definiertes Schalten des Halbleiterbauelementes 10 als Kurzschließer 40 möglich, so daß ein definiertes Ausschalten des Zündfunkens der Zündkerze 34 erfolgt.

Figur 3 zeigt eine bevorzugte Ausführungsvariante des Halbleiterbauelementes 10, wobei gleiche Teile wie in

Figur 1 mit gleichen Bezugszeichen versehen und nicht nochmals erläutert sind.

Wie Figur 3 zeigt, ist das Substrat 12 auf einer Schicht 42 angeordnet, die eine entgegengesetzte Dotierung zu dem Substrat 12 (gemäß Beispiel also p-Dotierung) besitzt, an dem Massepotential 43 angeschlossen ist. Die Schicht 42 kann aus Teilschichten 44 und 46 bestehen, die eine unterschiedlich hohe Ladungsträgerdotierung des gleichen Leitfähigkeitstyps besitzen. Durch Anordnung der Schicht 42 kommt es zur Ausbildung eines weiteren pn-Übergangs 48, dessen Sperrspannung durch die Dotierung der Schicht 42 bestimmt ist. Durch die stufenweise Dotierung der Schichten 44 und 46 kann die Sperrspannung durch Nutzung des Resurf-Effektes erhöht werden.

Durch die in Figur 3 gezeigte Strukturierung des Halbleiterbauelementes 10 wird die Realisierung einer sogenannten Resurf-Technologie möglich, mittels der sich die Struktur des Halbleiterbauelementes 10 in einfacher Weise erzielen läßt.

Durch den monolithisch integrierten Aufbau des Halbleiterbauelementes 10, der den Kurzschließer 40 ausbildet, läßt sich dieser in einfacher Weise mit dem Schalttransistor 38 in einem monolithisch integrierten Bauelement unterbringen. Hierdurch kann auf die Anordnung diskreter Schaltelemente verzichtet werden. Hierdurch ergeben sich wesentliche Fertigungsvorteile für die gesamte Zündschaltung.

Anhand der Figuren 4 bis 6 wird schematisch der Herstellungsprozeß des Halbleiterbauelementes 10 verdeutlicht.

5      Zunächst wird, wie Figur 4 verdeutlicht, auf einem Ausgangswafer 50, der eine p-Dotierung entsprechend der Dotierung der späteren Schicht 42 besitzt, eine n-dotierte Driftschicht mittels Implantation eingebracht. Diese n-dotierte Driftschicht 52 entspricht  
10      dem späteren Substrat 12. Diese Prozessierung ist durch einen sogenannten Standard-Smart-Power-Prozeß bekannt.

Anschließend wird, wie Figur 5 verdeutlicht, über den  
15      Ausgangswafer 50 eine Maskierung 54 angeordnet, die im Bereich des späteren Ladungsträgergebietes 28 eine Maskenöffnung 56 aufweist. Anschließend erfolgt eine Ionenimplantation 58 mit n-dotierten Ionen, die zur Ausbildung des Ladungsträgergebietes 28 innerhalb des  
20      n-dotierten Substrates führt, wobei das Ladungsträgergebiet 28 eine höhere Dotierung als das Substrat 12 aufweist.

Nachfolgend werden in nicht näher gezeigten Verfahrensschritten, die allesamt Standardprozeßschritte aus der Fertigung integrierter Schaltungen sind, die Ladungsträgergebiete 14, 14' beziehungsweise 16, 16'  
25      implantiert und die Elektroden 18, 18', 20 und 20' aufgebracht. Gleichzeitig werden nicht näher dargestellte weitere Schaltungsbestandteile, beispielsweise  
30      die Steuerlogik für die Ansteuerung der

Elektroden 20, 20', Passivierungsschichten, Polysiliziumschichten usw. erzeugt.



## 5 Patentansprüche

1. Bidirektionales Halbleiterbauelement, mit zwei lateral in einem Substrat integrierten, antiseriell geschalteten, symmetrischen MOS-Transistorstrukturen, deren Drainanschlüsse miteinander verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß einem pn-Übergang (22) eines der MOS-Transistoren (26) in einem Übergangsbereich zum Draingebiet (12) eine Zone (28) vorgelagert ist, die den gleichen Leitfähigkeitstyp wie das Draingebiet besitzt, deren Dotierung jedoch höher ist als die Dotierung des Draingebietes (12).
2. Bidirektionales Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß Draingebiet (12) und Zone (28) n-dotiert sind.
3. Bidirektionales Halbleiterbauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Draingebiet (12) auf einer Schicht (42) angeordnet ist, die eine Dotierung mit entgegengesetztem Leitfähigkeitstyp wie das Draingebiet (12) aufweist.
- 
4. Bidirektionales Halbleiterbauelement nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Schicht (42) aus Teilschichten (44, 46) mit gestufter Dotierung besteht.

5. Verwendung eines bidirektionalen Halbleiterbauelementes nach einem der Ansprüche 1 bis 4 als Kurzschließer (40) zum Kurzschließen einer Primärwicklung (36) einer Zündspule (30) in einer Zündstufe einer Zündanlage einer Verbrennungskraftmaschine.

10 6. Verwendung nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch eine zeitversetzte Ansteuerung der Gateanschlüsse (20, 20') der MOS-Transistorstrukturen (26, 26'), wobei der MOS-Transistor (26), der eine höhere Spannung ( $U_{CE}$ ) sperrt, später angesteuert wird.

15 7. Verwendung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die zeitversetzte Ansteuerung durch Zwischenschaltung einer Kapazität (Bootstrap) erfolgt.

20 8. Verwendung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die zeitversetzte Ansteuerung durch eine Zeitsteuerung erfolgt.

---

## 5 Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein bidirektionales Halbleiterbauelement, mit zwei lateral in einem Substrat integrierten, antiseriell geschalteten, symmetrischen MOS-Transistorstrukturen, deren Drainanschlüsse miteinander verbunden sind.

Es ist vorgesehen, daß einem pn-Übergang (22) eines der MOS-Transistoren (26) in einem Übergangsbereich zum Draingebiet (12) eine Zone (28) vorgelagert ist, die den gleichen Leitfähigkeitstyp wie das Draingebiet besitzt, deren Dotierung jedoch höher ist als die Dotierung des Draingebietes (12).

20

(Figur 1)

---



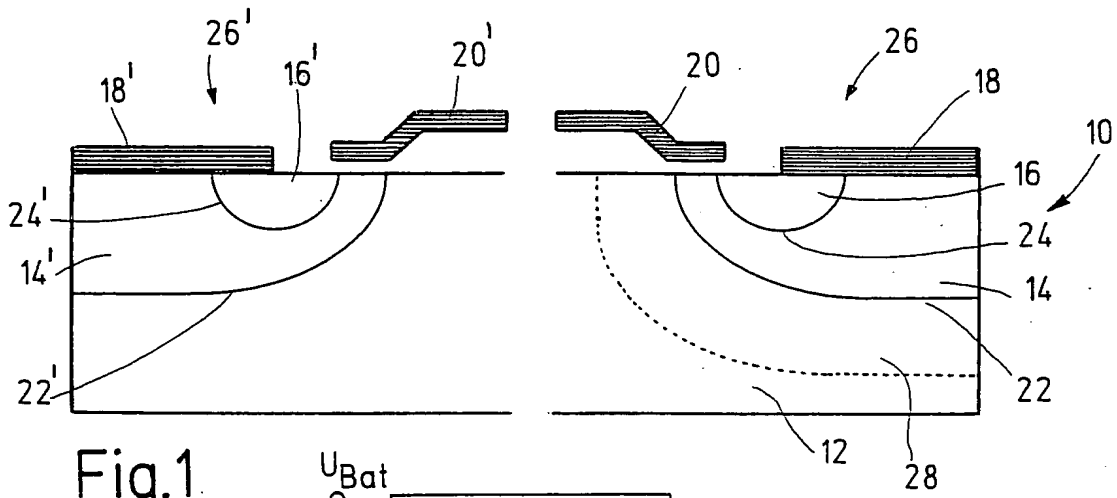


Fig. 1

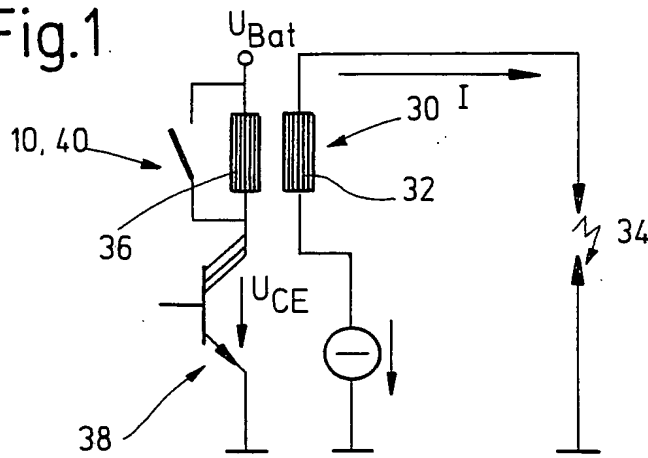


Fig. 2

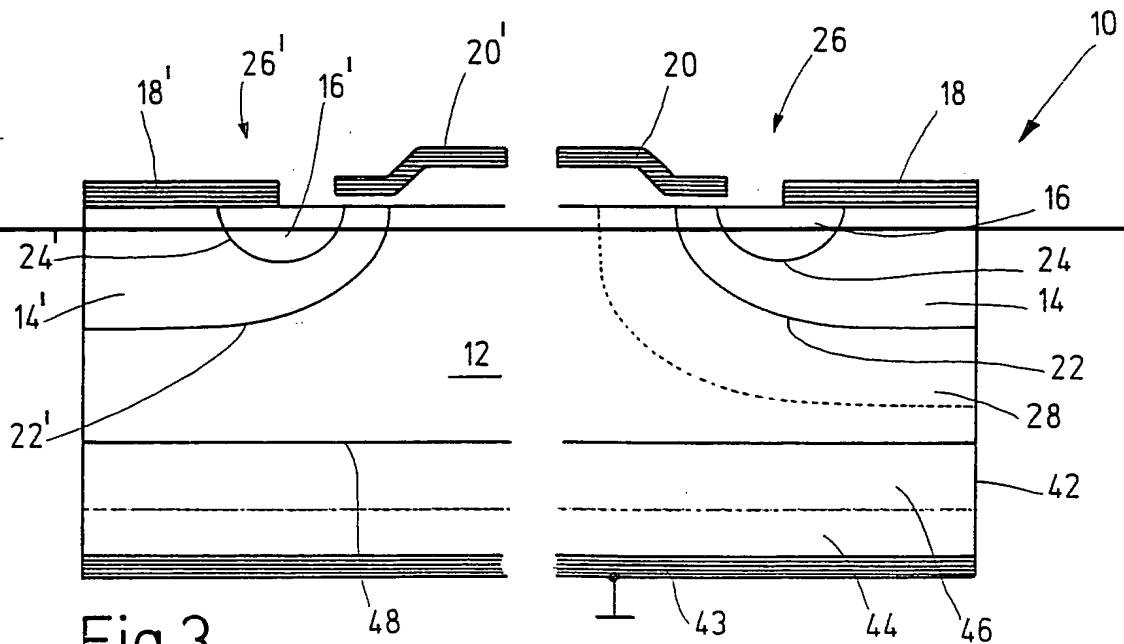


Fig. 3

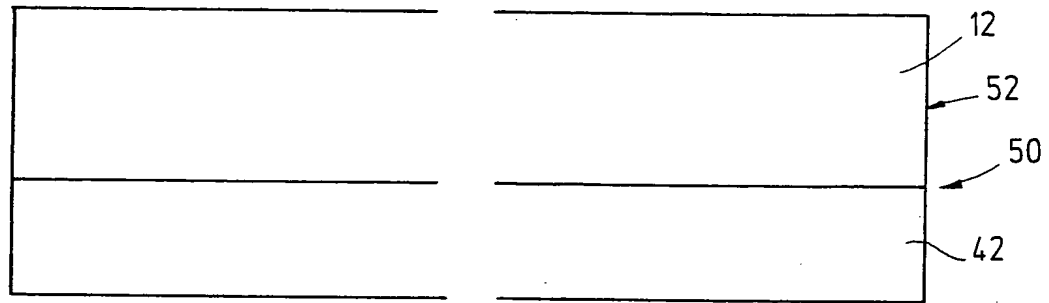


Fig. 4

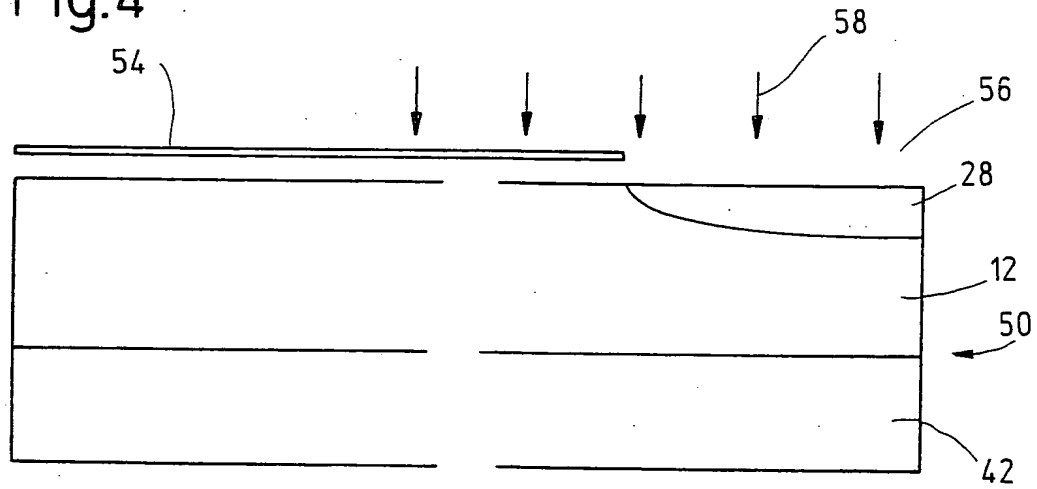


Fig. 5

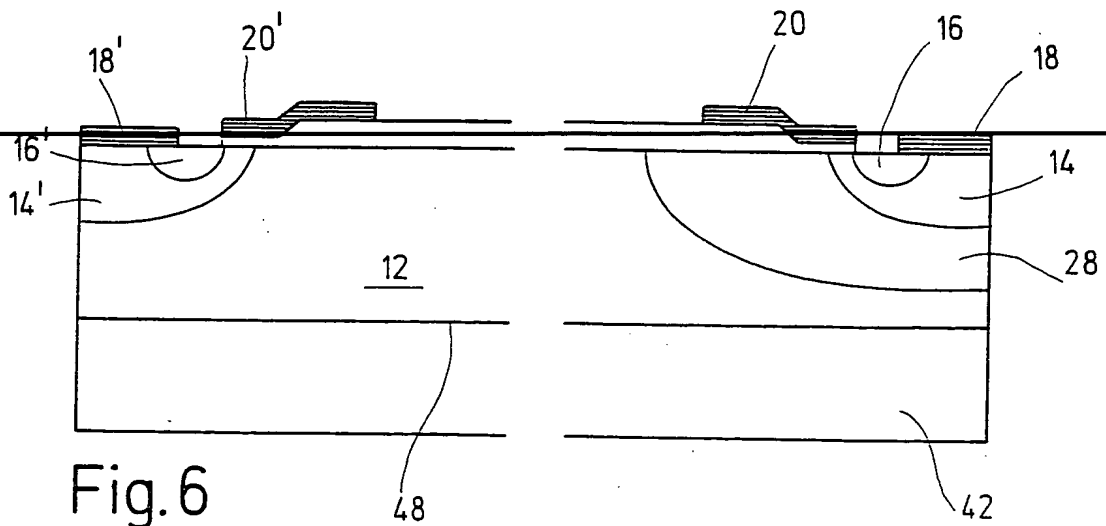


Fig. 6